

VŠB–Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Bakalářská práce

VŠB–Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Analýza balistických charakteristik pistolového střeliva
Analysis of Pistol Ammunition Ballistic Data

Student:

Jiří Šaňák

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. Ing. Jan Komenda CSc.

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Šaňák**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo
Téma: **Analýza balistických charakteristik pistolového střeliva**
Analysis of Pistol Ammunition Ballistic Data

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te rešerši v oblasti střeliva pro pistole a samopaly s důrazem na používané ráže a druhy střel.
2. Uveďte rozdělení pistolového střeliva podle různých kritérií a charakterizujte jednotlivé skupiny.
3. Objasněte obecné zásady konstrukce a funkce pistolového střeliva, uveďte rozdíly u střeliva pro ozbrojené sbory a střeliva pro civilní sektor.
4. Specifikujte nejrozšířenější ráže pistolového střeliva podle účelu použití, uveďte jejich historii, přednosti a nedostatky, uveďte kritéria pro stanovení optimální ráže.
5. Uveďte přehled, rozdělení a specifikaci (definici) balistických charakteristik pistolového střeliva.
6. Objasněte teoretické a experimentální metody stanovení balistických charakteristik.
7. U nejméně 5 vybraných druhů střeliva ráže 9 mm Luger proved'te experimentální stanovení balistických charakteristik a jejich analýzu s důrazem na splnění požadavků normativních dokumentů.
8. Analyzujte souvislost balistických charakteristik civilního pistolového střeliva s jeho právní klasifikací.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.

ČSN 39 5020 *Náboje a vývrty hlavní*. Praha: Český normalizační institut, 1997. 360 s.

Petruželka, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 30. 6. 2009 [cit. 2009-30-10]. Dostupný z [www: <URL: http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20ps%C3%A1t%20cerven%202009.pdf](http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20ps%C3%A1t%20cerven%202009.pdf)

Komenda, J. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2006, 133 s.

Hýkel, J., Malímanek, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Praha: Naše vojsko, 2002, 550 s.

Rosenberger, M. *Waffen und Einsatzmunition der Polizei*. Stuttgart,: Motorbuch Verlag, 2002, 263 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jan Komenda, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Čestné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
Podpis studenta

Prohlašuji že,

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35– užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 –školní dílo.
- беру на ве́домі, же Высoкá школа ба́нская – Техни́кая универзита Ostrava (дále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, же оdevздáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Šaňák

Adresa trvalého pobytu autora práce: Sadová 4118, Kroměříž

Anotace bakalářské práce

Šaňák, J. Analýzy balistických charakteristik pistolového střeliva: bakalářská práce. Ostrava: VŠB–Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 70 s. Bakalářská práce. Vedoucí: Komenda, J.

Bakalářská práce se zabývá balistickými charakteristikami pistolového střeliva. Uvádí rozdíly mezi konstrukcí střel pro ozbrojené složky a pro civilní sektor. Popisuje použití střel jednotlivých konstrukčních řešení a závislost konstrukce střely na právní klasifikaci.

U vybraného sortimentu nepoužívanějších ráží uvádí historii vzniku a uplatnění. Dále se zabývá konstrukcí vojenských střel a jejich použití.

Závěrečná a nejzajímavější část porovnává balistické charakteristiky. Jedná se o porovnání jednotlivých obrazců rozptylu a rychlostí střel za účelem zjistit rozptyl naměřených hodnot a tím kvalitu výrobku.

Annotation Bachelor thesis

Šaňák, J. Analysis of Pistol Ammunition Ballistic Data: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB–Technical University Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 70 p. Thesis head: Komenda, J.

Bachelor thesis deals with the ballistic characteristics Pistol ammunition. Indicates the differences between the structures of missiles for the armed forces and the civilian sector. Describes the use of missile design solutions and dependence on the construction of missiles legal classification. The selected range of most popular calibers, and gives the history of the application. Also deals with the construction of military missiles and their use.

The final and most interesting part of the compares the ballistic characteristics. This is a comparison of various shapes and velocity dispersion in order to determine dispersion of measured values and the quality of the produkt

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ A ZKRATEK	9
ÚVOD	11
1. OBECNÉ ZÁSADY KONSTRUKCE PISTOLOVÉHO STŘELIVA	12
1.1. Konstrukce střel	13
1.2. Konstrukce nábojnic.....	16
1.3. Konstrukce zápalek	17
1.4. Výmetné prachové náplně.....	18
1.5. Rozdělení pistolového střeliva	19
2. TEORETICKÉ A EXPERIMENTÁLNÍ METODY STANOVENÍ BALISTICKÝCH CHARAKTERISTIK.....	20
2.1. Balistické charakteristiky sestavy náboje.....	20
2.2. Konstrukční charakteristiky nábojnic.....	21
2.3. Charakteristiky citlivosti zápalky.....	22
2.4. Základní balistické charakteristiky.....	24
2.5. Normalizace střeliva.....	27
3. PRÁVNÍ KLASIFIKACE BALISTICKÝCH CHARAKTERISTIK CIVILNÍHO PISTOLOVÉHO STŘELIVA.....	29
4. NEJÚSPĚŠNĚJŠÍ RÁŽE PISTOLOVÉHO STŘELIVA.....	30
4.1. Pistolové ráže	30
4.2. Obecná kritéria pro stanovení optimální ráže.....	33
5. STŘELIVO PRO SAMOPALY	35
6. EXPERIMENTÁLNÍ STANOVENÍ BALISTICKÝCH CHARAKTERISTIK.....	38
6.1. Porovnávání střelivo	39
6.2. Specifika střelby.....	39
6.3. Zpracování výsledků rozptylu obrazců	40
6.4. Vyhodnocení rychlostí střel	41
6.5. Srovnání jakosti nábojů a jejich ceny.....	42
7. ZÁVĚR	44
8. POUŽITÁ LITERATURA	45
9. PŘÍLOHY	48

Seznam použitého značení a zkratk

značení

C_p	[g.cm ⁻²]	průměrné zatížení
C_q	[g.cm ⁻²]	poměrná hmotnost
D_{ps}	[m]	střední vnější plášť náboje
E_0	[J]	energie střely na ústí
E	[J]	dopadová energie
H	[m]	výška
J_x	[kg.m ²]	odélný moment setrvačnosti
J_y	[kg.m ²]	říčný moment setrvačnosti
K_{jx}	[-]	koefficient setrvačnosti
N	[-]	celkový počet měřených hodnot
χ	[-]	lahvovitost
PE	[MPa]	jmenovitá hodnota maximálního tlaku zkušební náboj
P_k	[Mpa]	nejvyšší tlak spotřebního náboje
P_{max}	[MPa]	jmenovitá hodnota maximálního tlaku zkušebních nábojů
R_x	[-]	stranové rozpětí hodnot
R_y	[-]	výškové rozpětí hodnot
S_x	[-]	rozptyl
S_{mx}	[-]	směrodatná stranová odchylka
S_{my}	[-]	směrodatná výšková odchylka
S_{sx}	[-]	směrodatná stranová odchylka složeného rozptylového obrazce
S_{sy}	[-]	směrodatná výšková odchylka složeného rozptylového obrazce
W	[J]	energie střely předaná cíli
c_0	[m ³]	objem nábojové komory
c	[m ² .kg ⁻¹]	balistický koefficient
d	[m]	průměr střely v místě vodící části
g	[m.s ⁻²]	zrychlení
i	[-]	koefficient tvaru střely
l_0	[m]	vztažná délka
m_z	[kg]	hmotnost závaží
m_q	[kg]	hmotnost střely
s	[m ²]	plocha průřezu vývrtu hlavně
v	[m.s ⁻¹]	rychlost střely
x_{max}	[-]	maximální stranová odchylka
x_{min}	[-]	minimální stranová odchylka

x_i	[-]	hodnota naměřeného znaku
$x_{stf.}$	[-]	střední hodnota rozptylového obrazce
y_{max}	[-]	maximální výšková odchylka
y_{min}	[-]	minimální výšková odchylka
χ_ε	[m]	hloubka vniku do želatiny

zkratky

ACP	Automatic Colt Pistol
C.I.P	Mezinárodní stálá komise pro zkoušení civilních zbraní a střeliva
FMJ	celoplášťová střela
HV	vysokorychlostní
Lz	uzamykací délka
Pst	střela s ocelovým jádrem
P-41	střela průbojně-zápalná
PT	střela ze stopovkou
SP	poloplášťová střela
Zv	závěrová vůle

Úvod

Moderní pistolové náboje vznikaly na počátku 20. století Browningovými a Lugerovými. V průběhu století se zvyšoval počet nových ráží, modernizoval se zápal, výmetná náplň a zvyšoval se výkon. Během století se také vzrostl zájem o pistole a střelivo. Dříve to byla hlavně armáda a policie, teprve později se začalo používat ve větší míře pro sportovní a lovecké účely. Největším odběratelem je i na dále vojsko a policie, to platí v celosvětovém měřítku.

Ve své práci zabývám pistolovým střelivem, které bylo vyvinuté a vyrobené ve 20. století. Bylo a stále je ve výzbroji mnoha světových armád. V první části se zabývám obecnými zásadami konstrukce pistolového střeliva. Rozdíl mezi jednotlivými druhy nábojů, konstrukcí střel, zápalek, nábojnic a použitým střelným prachem.

Druhá část popisuje teoretické a experimentální metody stanovení balistických charakteristik, které zjišťujeme pomocí měření a výpočtů. Třetí část je o právní klasifikaci balistických charakteristik civilního pistolového střeliva. Jeho zařazení do čtyř kategorií podle společenské nebezpečnosti.

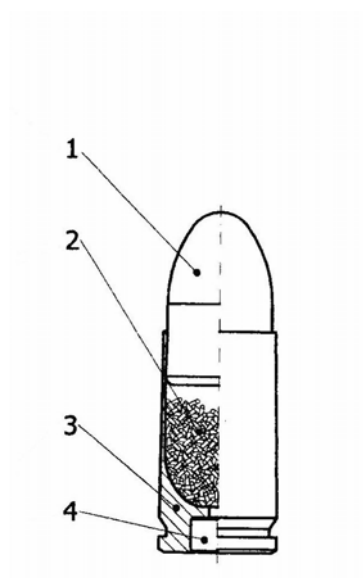
Čtvrtá část pojednává o úspěšných rážích pistolového střeliva, o typech střel a všestranném použití pro sportovní střelce a ozbrojené složky. V páté části se zabývám střelivem pro samopaly jejichž charakteristickým rysem je použití pistolového střeliva. Poslední šestá část se zabývá experimentálním stanovení balistických charakteristik. Cílem měření bylo porovnání rozptylu obrazců zásahů a rychlostí střel.

1. Obecné zásady konstrukce pistolového střeliva

Na světě existuje velké množství druhů pistolového střeliva. Přes velkou snahu o unifikaci střeliva výrobci vytváří nepřehledné množství individuálních sestav nábojů, lišících se převážně konstrukcí střel, zápalek, nábojnic, ale i použitým střelným prachem. V následujících kapitolách se zaměříme na konstrukci uvedených částí náboje.

Typický pistolový náboj se skládá:

1. ze střely,
2. z výmetné prachové náplně,
3. z nábojnice,
4. ze zápalky.



Obrázek 1: 1-střela, 2-výmetná náplň, 3-nábojnice, 4-zápalka

Střela je část náboje, která koná práci (předává energii cíli). Výmetná prachová náplň je zdrojem energie potřebné k vymetení střely z hlavně (střela získá energii k pohybu). Nábojnice spojuje jednotlivé části v jeden celek, zároveň chrání výmetnou náplň před vlhkostí a jinými nežádoucími vlivy. Zápalka je zalisována v lůžku nábojnice a plní funkci iniciátoru.¹

1.1. Konstrukce střel

Střela je určena k dosažení požadovaného účinku v cíli na požadovanou vzdálenost. Ke splnění tohoto účelu musí být střela urychlena v hlavní na požadovanou rychlost. Ovlivnění střely při letu atmosférou musí být co nejmenší. Aby mohla střela dosáhnout co největšího zrychlení v hlavní, musí její vodící část dobře utěsnit prachové plyny vzniklé při výstřelu. Po opuštění hlavně musí střela dosáhnout stabilního letu a tím i požadované přesnosti.

Utěsnění spalovacího prostoru se děje pomocí deformace vodící části střely. Střela se zařizne do drážek vývrtu a tím je současně uvedena do rotačního pohybu, který zajišťuje gyroskopickou stabilitu za letu. Snížení třecího odporu mezi vodící částí střely a hlavní se dosáhne vhodnou volbou materiálu.

Rotace střely kolem podélné osy zajišťuje stabilitu za letu. Střela se chová jako gyroskop (sleduje svou podélnou osou tečnu ke dráze). S ohledem na aerodynamiku (charakterizuje chování těles při pohybu atmosférou) se volí při konstrukci i tvar střely. Vysoká rychlost střely a nízký odpor vzduchu vede k napřimování balistické křivky (dráha, kterou opisuje těleso při pohybu atmosférou). Pistolové střely většinou nepřevyšují rychlost zvuku a délku střelby 25m, proto je jejich tvar méně aerodynamický. Střela je v přední části zaoblena a celková délka je 1-2 ráže. Jedná se o střely **monoogivální**. Přední ogivál je tvořen **konkávní křivkou**. Jedná se o klasické provedení, kde konkávní křivka je tvořena jedním nebo několika na sebe navazujícími oblouky kružnic. Dalším provedením je **tvořící přímka**. Posledním tvarem tvořící křivky ogiválu je **křivka konvexní**, označována akronymem ROB (Reverse Ogive Bullet). Výhodou tohoto ogiválu je vyšší úroveň předané energie, ovšem může činit potíže při nabíjení samonabíjecích pistolí.



Obrázek 2: Sortiment střel ráže 9 mm Luger

Volba materiálu střely vychází z požadavku vnitřní a koncové balistiky (zkoumá účinek střely v cíli). Střela svému cíli předává dopadovou energii. Požadavkem vnitřní

balistiky je minimální opotřebení vývrtnu. Většina střel je tvořena kovovými materiály (olovo, ocel, barevné kovy). Nevýhodou olova je ekologická zátěž, kterou představuje pro životní prostředí. Výhodou je vysoká hustota a tvárnost. Podle konstrukčního řešení dělíme střely na homogenní a nehomogenní. Nehomogenní střely jsou tvořeny jádrem, které je obklopeno pláštěm, jedná se o střely plášťové. Ty mohou být poloplášťové nebo celoplášťové v závislosti na rozsahu pokrytí ogiválu střely. Homogenní střely jsou vždy neoplášťované a vyrobené z jednoho druhu materiálu.

Celoplášťové střely jsou pokryty kovovým pláštěm o tloušťce několika desetin milimetru. Plášť je vyroben z tombaku (slitina mědi a zinku v poměru 90/10) nebo u levnějších střel (mosaz Cu70Zn30), dále se využívá měkké oceli. Ocel bývá povrchově chráněna proti povětrnostním vlivům povlakem teflonu, fosfátu, niklu, laku nebo plastu. Všechny tyto pláště mají dobré kluzné vlastnosti pro pohyb střely vývrtem a zároveň chrání střelu před korozi. Jádro střely může být z olova nebo z oceli. Střela s jádrem z oceli má mezi pláštěm a jádrem vloženou olověnou košilku (vrstva olova umožňující snadné zařezání střely do drážek). Celoplášťové střely se málo deformují a nerozkládají se ani při dopadu na tvrdou překážku. Střely s ocelovým jádrem mají větší průbojnost překážek, včetně odrazivosti, proto nejsou vhodné ke střelbě na uzavřených střelnicích.

Poloplášťová střela je tvořena převážně olověným jádrem a pláštěm, který nekryje střelu v přední části. To způsobuje při dopadu i na měkkou překážku snadnou deformaci střely a zaručuje lepší schopnost předat energii cíli, ale i ztrátu průbojného účinku. Neplášťované střely jsou materiálově homogenní tělesa vyrobená převážně z olova. Snadná deformace je předurčuje ke sportovní střelbě, kde nezatěžují zachytné plochy a neodráží se.

Při porovnání účinku v cíli můžeme střely rozdělit na:

- střely s převládajícím **ranivým účinkem**
- a střely s **průbojným účinkem** v cíli.

Pro zvýšení ranivého a zastavujícího účinku se využívá střel deformujících se (expanzivních), výbušných a střel s náplní toxické látky. Expanzivní střely využívají ke zvýšení ranivosti při nárazu na překážku zvětšení svého radiálního průměru. Toho lze dosáhnout dutinou (válcového nebo kuželového tvaru) umístěnou v čelní části střely. Hloubka této dutiny ovlivňuje přímo míru deformace střely, pohybuje se v rozmezí jedné třetiny až poloviny délky střely. Expanzivní střely opatřené podélnými prolisy označujeme jako střely s řízenou deformací. Stupeň deformace ovlivňuje dopadová rychlost střely. Nevýhodou je zhoršení letových vlastností střely, proto se může využít

tzv. balistické kukly. Konstrukce expanzivních střel mohou být neplášťové, poloplášťové, ale také celoplášťové (s krytou dutinou).



Obrázek 3: Náboje s expanzní střelou v ráži 9 mm Luger

Dalším konstrukčním typem je střela, která zvětší svůj radiální průměr prolomením čelního kužele (obr.3 vlevo). Jedná se o celoplášťové střely, které mají ogival vyplněný plastickou hmotou nebo jinou, snadno se deformující látkou. Plášť je v místě kužele opatřen prolisy. Při nárazu střely plášť v místech prolisu praskne a dojde ke zborcení kužele (jak je vidět na obr. č. 4). Tím střela zvětší svůj radiální průměr.



Obrázek 4: Střela ráže 9 mm po expanzi

Střela s náplní vysoce toxické látky je konstrukcí podobná střelám expanzivním. Olověná výplň je opatřena dutinou, ve které je umístěna ampule s vysoce toxickým jedem. V přední části střely je umístěn trn, který po nárazu rozbije ampuli s jedem, a ten vyvolá v krátké době smrt. Využití střel výbušných a střel s náplní jedu je omezeno mezinárodními úmluvami. Střely průbojné se zvýšeným průbojným účinkem v cíli prostřednictvím jádra střely o vysoké hustotě a tvrdosti probíjejí tenké pancíře, balistické ochrany a jiné překážky. Jádra těchto střel tvoří kovy jako je např. ušlechtilá ocel, ochuzený uran, wolfram. Slouží pro speciální účely armád.²



Obrázek 5: Průbojný náboj ráže 9 mm Luger používaný během 2. sv. války

1.2. Konstrukce nábojnic

Nábojnice je tenkostěnná kovová nádoba, která plní následující funkce:

- spojuje jednotlivé části náboje,
- chrání zápalku a výmetnou prachovou náplň proti působení vlhkosti,
- těsní nábojovou komoru před únikem prachových plynů
- odstraní neshořelé zbytky prachu z nábojové komory,
- odvádí teplo z nábojové komory .

Nábojnice pro pistolové střelivo je vyrobena z homogenního materiálu. Může být mosazná nebo ocelová. Mosazná nábojnice je díky lepší plasticitě vhodnější pro rekalibraci (přebíjení). Nábojnice podle vnějšího tvaru rozlišujeme na:

- **válcovité nábojnice** (nemají krček) - tvoří převážnou většinu pistolového střeliva,
- **lahvovité nábojnice** (mají krček a přechodový kužel) - u pistolového střeliva jsou zastoupeny malou skupinou nábojů.

Nábojnice jsou tvořeny pláštěm a tvarovaným dnem. Plášť je mírně kuželový (do 1:100) kvůli snadnému vytáhnutí vystřelené nábojnice. Snadnou deformaci nábojnice při výstřelu zaručuje síla stěny krčku nábojnice (0,3-0,5mm). Deformací nábojnice je odstraněn nežádoucí profuk. Ve spodní části přechází v masivní dno, které je na vnitřním povrchu bez ostrých hran. Ostré hrany by mohly snižovat pevnost nábojnice při výstřelu. Nábojnice pistolového střeliva jsou opatřeny drážkou (bezokrajové). Drážka umožňuje snadné vytáhnutí nábojnice drápkem vytahovače. U malé skupiny pistolového střeliva je využito nábojnice lahvovité. Ta je tvořena navíc krčkem a dosedacím kuzelem. Do krčku je střela lisována s přesahem, jehož délka se pohybuje okolo 10-30% délky nábojnice. Dosedací kužel u bezokrajových nábojnic vymezuje polohu náboje v hlavni. V zesíleném dnu nábojnice se nalézá lůžko pro zápalku, které může být s jednou nebo dvěma

zátravkami. U pistolového střeliva je kvůli malým rozměrům převážně jedna centrální zátravka.

Vlivem výrobních tolerancí náboje a nábojové komory může být axiální poloha náboje při uzamčení rozdílná. To vede k proměnlivé závěrové vůli, která může v případě velké závěrové vůle znamenat následující:

- mělký otisk zápalníku na zápalce,
- roztržení lahvovité nábojnice vysokým tlakem u výkonných nábojů,
- nárazy nábojnice na čelo závěru,
- předčasné otevření závěru.³

1.3. Konstrukce zápalek

Zápalka je určena k zážehu prachové náplně. Je zalisována v lůžku nábojnice. U pistolí se setkáváme převážně se středovým zápalem, okrajový zápal se uplatňuje u malorážky a flobertky. Středový zápal může být dvojitá konstrukce: zápal typu **Berdan** (nábojnice opatřena kovadlinkou a dvěma zátravkami) a zápal typu **Boxer** (nábojnice obsahuje centrální zátravku a kovadlinka je součástí kalíšku zápalky).

Zápalka musí splňovat tyto požadavky:

- spolehlivý zážeh při aktivaci zápalky úderníkem,
- mohutnost plamene zajišťujícího spolehlivý zážeh,
- zajišťuje bezpečnou manipulaci s nábojem i při pádu na tvrdou podložku.

Zápalky jsou značeny číslem, vzorem nebo svými rozměry. Pistolové a revolverové zápalky jsou vyráběny ve dvou výkonových řadách v závislosti na výkonu náboje. U civilního pistolového střeliva se převážně využívá třaskavé slože neroxin (jedná se o slož druhé generace, která neobsahuje třaskavou rtuť). Třetí generací jsou slože na bázi dinolu tzv. nontox slože.

Velikost zápalky závisí na velikosti náboje. **Tloušťka dna** kalíšku a použitý materiál spolu s vlastnostmi zápalkové slože určují citlivost zápalky na vnější podnět. Tloušťka dna kalíšku se pro pistolové zápalky pohybuje v rozmezí 0,4-0,5 mm. **Množství slože** v rozmezí 10 až 20 mg. **Zážehová schopnost** je dána délkou a intenzitou vstupního plamene, který zajistí zažehnutí prachové náplně. Hmotnost zápalkové slože je přibližně jedno procento hmotnosti výmetné náplně, kterou je zápalka schopna zažehnout. **Dolní mez citlivosti** vyjadřuje maximální hodnotu energie, při níž je bezpečně vyloučena

aktivace zápalky. **Horní mez citlivosti** vyjadřuje minimální energii, při které dojde ke stoprocentní aktivaci.⁴

1.4. Výmetné prachové náplně

Výmetná prachová náplň slouží k vymetení střely z hlavně. Prachová náplň nese energetický potenciál v podobě chemické energie. Iniciací zápalky dojde k uvolnění tepelné energie, která zapálí prachovou náplň. Hořením prachové náplně dochází k přeměně chemické energie na energii tepelnou. Tento děj je provázen tvorbou spalných plynů, uvolňováním tepla a rostoucím tlakem.

Pistolová střeliva obsahují výhradně bezdýmný prach, ten může být buď nitrocelulóзовý nebo nitroglycerínový. Nitrocelulóзовý se označuje Nc, jeho základní složkou je nitrocelulóza. Nitroglycerínový se značí Ng a obsahuje dvě základní složky – nitrocelulózu a nitroglycerín v množství 10 až 45%. Výhodou Ng prachů je větší energetický obsah, nižší výrobní náklady, lepší balistické vlastnosti a menší navlhavost. Hoření za vyšších teplot znamená vyšší tepelné namáhání hlavně a větší podíl neshořelých zbytků. Dalšími nedostatky jsou ztížený zážeh, větší nebezpečnost při výrobě. Podle velikosti odhořívající plochy zrna se dělí na degresivní (povrch zrna se odhoříváním zmenšuje od počátku zážehu) - charakteristickými tvary jsou destičky, válečky, kotoučky, čočky, kuličky. Dalším je neutrální zrn (odhořívání probíhá na konstantním povrchu), typickým příkladem je tvar trubičky. Progresivní sedmiděrové zrn je charakterizováno nárůstem odhořívající plochy. Velikost odhořívající plochy má přímý vliv na přírůstek objemu prachových plynů a tím i rychlost přírůstu tlaku. Pro pistolové střelivo se volí tvar zrna s malou tloušťkou, tedy nejčastěji trubičky, kotoučky, destičky a kuličky.

Přísady prachových zrn

Centralit: jedná se o stabilizátor (potlačuje chemický rozklad prachu). Aplikuje se do struktury zrna při výrobě. Používá se v množství 0,3-0,8 % . Centralit také snižuje výbuchové teplo prachu. **Kafr:** zpomaluje rychlost hoření, plní funkci flegmatizátoru. **Grafit:** zamezuje vzniku elektrostatického náboje. Zvýšení progresivity lze dosáhnout přidáním chloridu draselného při výrobě, po jehož vymytí zůstane povrch zrna pórovitý, což vede ke zvýšení odhořívající plochy a poklesu degresivity prachu (tyto prachy se nazývají porézní). Hmotnost prachové náplně pistolového střeliva se pohybuje v desetinách gramu.⁵

1.5. Rozdělení pistolového střeliva

Pistolové střelivo můžeme dělit:

- podle určení,
- podle uživatele,
- podle původu
- podle druhu střely,
- konstrukce střely,
- funkce střely,
- z právního hlediska na dovolené a zakázané.

Podle určení se střelivo dělí na ostré, cvičné, školní. K plnění základních úkonů slouží střelivo ostré. K výcviku se využívá střelivo cvičné, ke kterému patří i střelivo redukované. Školního střeliva se využívá pro výuku (neobsahuje výmetnou náplň ani třaskaviny).

Podle uživatele rozdělujeme střelivo pro ozbrojené složky a pro civilní sektor. Civilní střelivo je zejména lovecké, sportovní a střelivo určené k sebeobraně. Hranice mezi střelivem civilním a střelivem pro ozbrojené složky je dána zákonem č.119/2002 Sb.

Podle původu můžeme střelivo rozdělit na sériové a nesériové. Za nesériové považujeme střelivo přebíjené, experimentální a nová provedení.

Podle druhu střely je dělíme na kulové a brokové (hromadná střela).

Podle konstrukce střely na poloplášťové, plášťové a bezplášťové.

Podle funkce střely na střelivo expanzivní (deformující se) a střelivo fragmentující (rozkládající se), popř. s jinými účinky (výbušné, toxické).⁶

2. Teoretické a experimentální metody stanovení balistických charakteristik

Balistické charakteristiky zjišťujeme měřením a výpočty. Měřením získáváme počáteční informace o střelivu, které dále využíváme pro výpočty. Tabelací naměřených hodnot získáváme přehled o balistických vlastnostech daného střeliva. Tyto vlastnosti nám pomáhají rozhodovat mezi jednotlivými druhy střeliva při plnění úkolů.

2.1. Balistické charakteristiky sestavy náboje

Výtahová síla

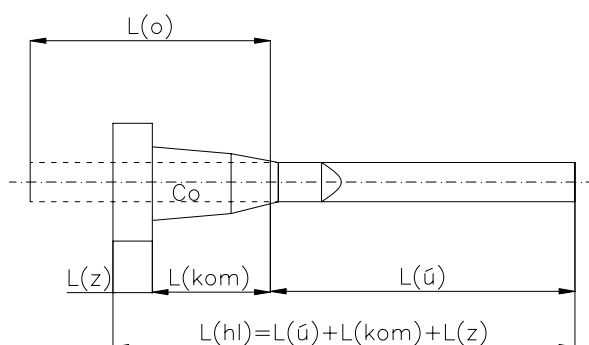
Škrčení střely (zajišťuje střelu proti pootočení) má zásadní vliv na velikost výtahové síly, která přímo ovlivňuje tlak v počátečním spalovacím prostoru (střela se nepohybuje). Výtahová síla je důležitým parametrem vnitřní balistiky, její rovnoměrnost nám vypovídá o počátečních tlakových poměrech. Velikost výtahové síly pro pistolové střelivo je ve stovkách Newtonech.⁷

Počáteční spalovací prostor c_0

Jedná se o objem nábojové komory za dnem střely zmenšený o objem nábojnice (obr.č. 6) Vztažná délka l_0 je definována:

$$l_0 = \frac{c_0}{s} \quad [2.1]$$

Převádí objem nábojové komory na délku.⁸



Obrázek 6: Schéma konstrukčních parametrů

Maximální tlak prachových plynů

Maximální tlak prachových plynů spotřebního náboje se (citace hodnot tlaků podle normy 39 5020,2008)⁹ označuje P_{max} , pro ráži 9mm Luger to znamená velikost 2600 barů (260MPa). Tlak $P_k=1,15 \cdot P_{max}$ je nejvyšší dovolený tlak jednotlivého spotřebního náboje (hodnoceno statisticky), pro naši ráži je jeho velikost 2990 barů (299MPa). Posledním uváděným tlakem v normě je $P_E=1,30 \cdot P_{max}$ jedná se o jmenovitou hodnotu tlaku zkušební náboje (tormentačního náboje), jehož velikost je 3380 barů (338MPa). Výše uvedené hodnoty tlaků byly naměřeny metodou **crusher** (váleček, kuželík). Jedná se o metodu využívající snímače s tlakoměrným tělískem, metoda byla poprvé použita v roce 1860 a je dodnes používána pro svoji jednoduchost a spolehlivost.

Druhou metodou uváděnou v normě je metoda využívající piezoelektrický snímač, tato metoda se liší měřením průběhu tlaku v závislosti na čase. Princip spojitého měření průběhu tlaku využívá **piezoelement** (piezokrystal). Při stlačení piezoelementu vzniká na jeho pólech elektrický náboj, který je úměrný velikosti působícího tlaku. Hodnoty uvedené v normě pro $P_{max}=2700$ barů (270MPa), $P_k=3105$ barů (310,5MPa), $P_E=3510$ barů (351MPa). Pro velikost naměřeného tlaku je důležitá vzdálenost tlakového snímače od čela závěru, v našem případě $M = 16,50\text{mm}$.¹⁰

2.2. Konstrukční charakteristiky nábojnic

Lahvovitost nábojnice

Přechod mezi krčkem nábojnice a jejím pláštěm tvoří přechodový kužel. Jeho výška a kuželovitost určují lahvovitost nábojnice:

$$\chi_n = \frac{D_{Ps}}{d_k}, \quad [2.2]$$

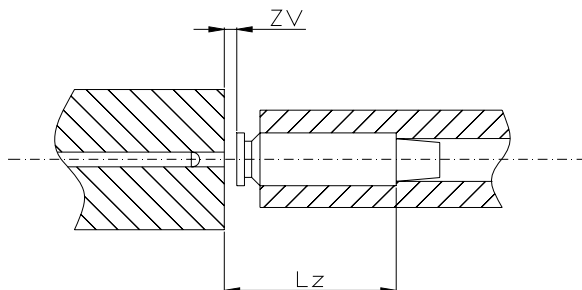
kde D_{Ps} – střední vnější průměr pláště nábojnice,

d_k – vnější průměr krčku nábojnice.

Zvětšení lahvovitosti vede ke zkrácení dráhy závěru, ale i ke zvětšení sil působících na nábojnici.¹¹

Uzamykací délka L_z

Uzamykací délka je vzdálenost opěrné plochy nábojnice v nábojové komoře od čela uzamčeného závěru. (viz. obr. 7).¹²



Obrázek 7: Uzamykací délka pistolového náboje

2.3. Charakteristiky citlivosti zápalky

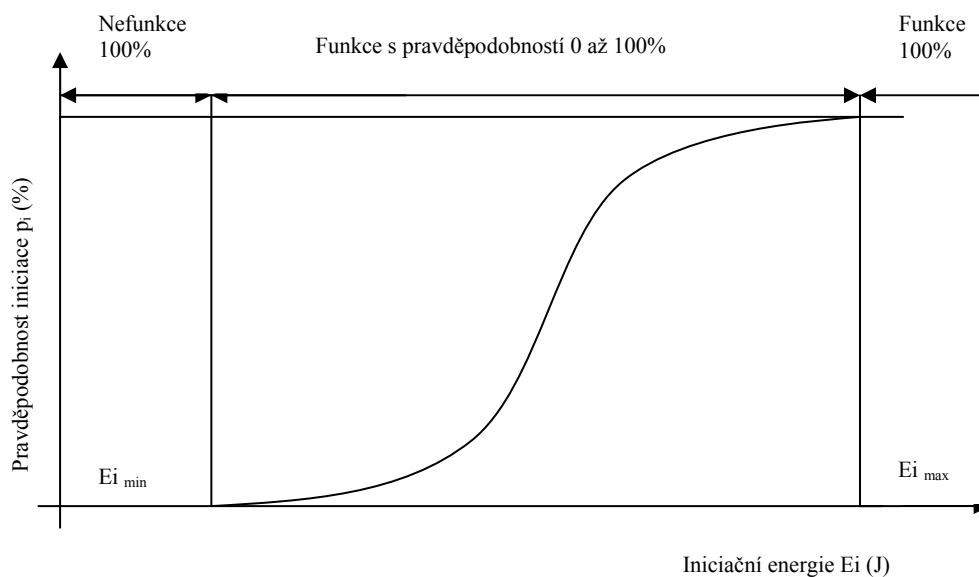
Charakteristikou zápalky je horní a dolní mez citlivosti.

Horní mez citlivosti je nejmenší energie úderníku, která zaručuje 100% iniciaci zápalky. Běžně zápalky dosahují několika desetin Joule. Dolní mez citlivosti nám charakterizuje maximální energii, při které je 100% vyloučená aktivace (zaručuje bezpečnou manipulaci). **Křivka citlivosti** se stanovuje experimentálně, pomocí jednoúčelových zařízení, do nichž se umístí ozápalovaná nábojnice a iniciační energie E_i úderníku dodává závaží hmotnosti m_z , padající volným pádem z různých výšek H .

Platí vztah:

$$E_i = m_z \cdot g \cdot H, \quad [2.3]$$

Křivka citlivosti zápalky vyjadřuje závislost pravděpodobnosti iniciace zápalky na pádové výšce zkušebního závaží. Malá výška = nulová aktivace. Křivky citlivosti se liší strmostí, která nám charakterizuje kvalitu zápalek (větší strmost = vyšší kvalita).¹³

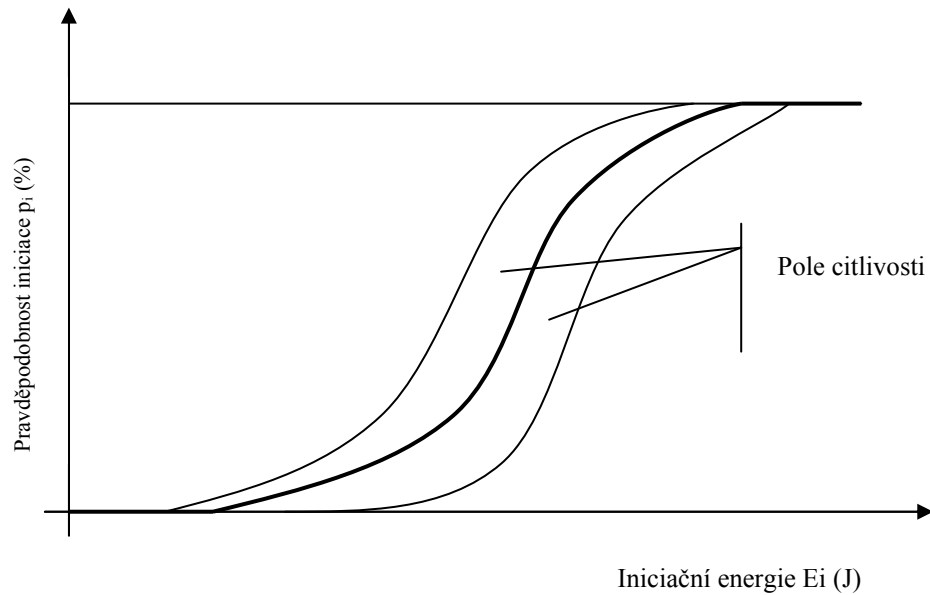


Obrázek 8: Křivka citlivosti zápalky

Pole citlivosti

Pole citlivosti je rozptylovou charakteristikou funkčních vlastností jednotlivých zápalek dané série. Úzké pole citlivosti značí kvalitní zápalky.

Obrázek 9: Křivka citlivosti zápalky



Další charakteristiky zápalky

Zápalky jsou charakterizovány také rozměry jak uvádí následující tabulka.

Tabulka 1: Konstrukční a funkční charakteristiky zápalek (citace podle Komenda,J.,2007)¹⁴

Charakteristika		Druh zápalky
název	rozměr	pistolová
průměr zápalky	mm	4 – 5
výška zápalky	mm	2 – 3
tloušťka dna	mm	0,4 – 0,5
výška slože	mm	1,1 – 1,3
hmotnost slože	mg	10 – 20
Zážehová schopnost	g	1

2.4. Základní balistické charakteristiky

Získané měření:

- rychlost střely (v)
- hmotnost střely (m_q)
- ráže střely (d)
- koeficient tvaru střely (i)

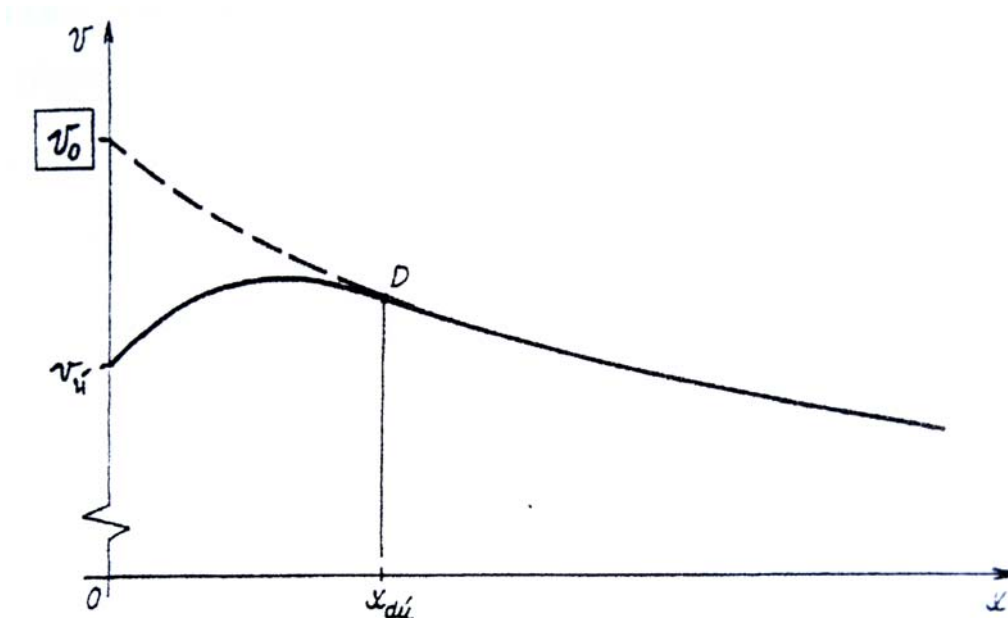
Získané výpočtem:

- počáteční energie střely (E_0)
- balistický koeficient střely (c)
- poměrná hmotnost střely (C_q)
- průřezové zatížení střely (C_p)
- podélný (J_x) a příčný (J_y) moment setrvačnosti

Počáteční rychlost střely v_0

Počáteční rychlost v_0 není totožná s rychlostí ústňovou v_u . Rozdíl v rychlostech popisuje přechodová balistika, která zavádí oblast dodatečného účinku prachových plynů (jedná se o urychlení střely výtokovými plyny na ústí hlavně v délce několika ráží). Délka ovlivnění střely přímo souvisí s ráží střely a poměru hmotnosti prachové náplně ku

hmotnosti střely. Počáteční rychlost v_0 je obtížné stanovit, proto se využívá extrapolace známé křivky rychlosti střely (čárkovaná křivka) za pásmem dodatečného účinku prachových plynů. Tímto zjednodušením se vyhneme problematice pohybu střely za ústím hlavně.¹⁵



Obrázek 10: Průběh rychlosti střely

Hmotnost střely zjišťujeme vážením.

Ráže střely je největší průměr v místě vodící části. Není totožná s ráží hlavně.

Balistický koeficient střely c

Charakterizuje letové vlastnosti střely,

$$c = \frac{id^2}{m_q} \cdot 10^3, \quad [2.4]$$

kde i je koeficient tvaru střely podle příslušného zákona odporu vzduchu. Hodnoty balistického koeficientu se pohybují v rozsahu jednotek až desítek $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$. Z hlediska stability při letu střely je výhodná nízká hodnota balistického koeficientu (dobré letové vlastnosti).¹⁶

Energie střely (E_0) určuje balistický výkon. Pistolové střelivo většinou nepřesahuje 600J, tato hodnota odpovídá nízkému balistickému výkonu. Energie se vypočítá ze vztahu:

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot m_q \cdot v^2, \quad [2.5]$$

kde m je hmotnost střely a v je rychlost střely.¹⁷

Poměrná hmotnost střely C_q

Poměrná hmotnost střely C_q je definována vztahem:

$$C_q = \frac{m_q}{d^3}, \quad [2.6]$$

kde m_q – hmotnost střely, d – ráže střely

Hodnota C_q pro pistolové střelivo se pohybuje kolem 10 g.cm-3.¹⁸

Průřezové zatížení střely C_p

Průřezové zatížení střely C_p je definováno:

$$C_p = \frac{4m_q}{\pi d^2}, \quad [2.7]$$

ovlivňuje pohyb střely. Jeho hodnoty se pohybují kolem 10-20 g.cm⁻².¹⁹

Podélný moment setrvačnosti J_x

Důležitou charakteristikou, zejména pro výrobce, je podélný a příčný moment setrvačnosti. Podélný moment setrvačnosti J_x , tj. moment setrvačnosti k podélné ose střely, lze vyjádřit vztahem:

$$J_x = \frac{1}{4} \cdot K_{Jx} m_q d^2, \quad [2.8]$$

kde K_{Jx} – je koeficient setrvačnosti, jehož hodnoty závisí na konstrukci střely a pohybují se v rozmezí od 0,4 do 0,6 (větší hodnoty odpovídají střelám s dutinou).²⁰

Příčný moment setrvačnosti J_y

Je moment setrvačnosti vztažený k příčné ose, procházející těžištěm kolmo k podélné ose střely. U rotačně stabilizovaných střel musí být splněna podmínka:

$$\frac{J_y}{J_x} = 8 - 12, \quad [2.9]$$

která je nezbytným předpokladem pro zajištění gyroskopické stability střely.²¹

2.5. Normalizace střeliva

Zavedením bezdýmného střelného prachu (koncem 19. století) docházelo u jednotlivých střelných zbraní konstruovaných na černý prach k haváriím. Jednalo se zpravidla o dlouhé zbraně, příčinou byly rozdílné metody pro ověřování zbraní tlakovou zkouškou zkušebními. Společné řešení našli zástupci těchto zemí (Belgie, Francie, Itálie, Německo, Rakousko-Uhersko a Španělsko) na mezinárodním kongresu v září roku 1910. Výsledkem jednání bylo zavedení tlakoměru pro měření tlaků zkušebních nábojů a vzájemné uznávání zkušebních značek. Konečně 15. července 1914 byla v Bruselu podepsána mezistátní úmluva (Bruselská konvence) zástupci Belgie, Francie, Itálie a Německa. Výkonným orgánem je Mezinárodní stálá komise pro zkoušení ručních palných zbraní (C.I.P.). Československo bylo členem od roku 1965. Rozdělením Československé federativní republiky se nástupnickou zemí stala Česká republika. Jednou za dva roky se schází plenární zasedání C.I.P., které na základě návrhů přijímá usnesení. Usnesení je po schválení všemi členskými zeměmi závazným předpisem pro vyráběné zbraně a střelivo.²²

Příklad tabulek pro náboj 9 mm Luger, kde je zřejmé stanovení rozměrů (max. náboj, min. komora), dále maximální tlak, je uveden v příloze č.1.

Porovnání odpovídajících mezních rozměrů komory a náboje z přílohy č.1.

Tabulka 2: Porovnání rozměrů

délka	minimální rozměr vývrtu	maximální rozměr náboje	vůle
L3	19,15	19,15	0
R1	10,00	9,96	0,04
P1	9,96	9,93	0,03
H2	9,68	9,65	0,03
G1	9,05	9,03	0,02

Všechny údaje jsou uvedeny v *mm*.

Použitá označení-maximální náboj (citace normy 39 5020 z přílohy č.1.)²³

L3–celková délka nábojnice

R1–průměr dna nábojnice

P1–průměr těla nábojnice nad výběhem drážky nábojnice

H2–průměr ústí nábojnice

G1–průměr střely u ústí nábojnice

Použitá označení-minimální vývrt hlavně (citace normy 39 5020 z přílohy č.1.)

L3–délka od čela závěru po průměr H2

R1–průměr lůžka pro dno nábojnice v závěru

P1–průměr komory ve vzdálenosti od čela závěru po čelo hlavně

H2–průměr krčku ve vzdálenosti L3

G1–průměr válcové části přechodového kužele

Hodnoty těchto vůlí jsou nejmenší možné. Při výrobě zbraní budou pravděpodobně větší, s rostoucím opotřebením (vlivem používání) se budou zvětšovat, zvláště rozměry vývrtu hlavní.

3. Právní klasifikace balistických charakteristik civilního pistolového střeliva

Zákon č. 119/2002 Sb.²⁴ řadí zbraně a střelivo podle společenské nebezpečnosti do čtyř kategorií.

Kategorie A zahrnuje střelivo zakázané. Jedná se o střelivo průbojné s tvrdostí jádra větší jak 250 HB (tvrdost podle Brinella), dále střelivo průbojně-zápalné, svítící a střelivo obsahující účinnou náplň jedu nebo výbušnou látku. Pistolové střelivo se zvýšeným ranivým účinkem. Tohoto střeliva lze podle zákona nabývat pouze po udělení výjimky Policií ČR.

V kategorii B se nachází střelivo pro krátké a dlouhé zbraně se středovým i okrajovým zápalem dovoleného výrobního provedení, tj. střelivo se střelou celoplášťovou, poloplášťovou s měkkým jádrem nebo střelou homogenní. Střelivo této kategorie lze nabývat na zbrojní průkaz.

Do kategorie C spadá střelivo pro dlouhé zbraně dovoleného výrobního provedení a lovecké střelivo, jehož střely mohou mít zvýšený ranivý účinek. Střelivo této kategorie lze nabývat na zbrojní průkaz.

Střelivo kategorie (A-C) lze nabývat pouze na zbrojní průkaz, avšak kategorie D zahrnuje střelivo i zbraně volně prodejné od 18 let. Jedná se o střelivo do zbraní typu Flobert s energií menší jak 6,5 Joule, dále střelivo pro plynové zbraně s energií na ústí menší jak 16 Joule, znehodnocené střelivo a munici, dále plynové pistole a nábojky.

Nebezpečnost střeliva je tedy posuzována podle konstrukce střely a energie střely na ústí. Střela použitá v sestavě náboje rozděluje střelivo na zakázané a dovolené. Zakázané je především střelivo vojenské (pro účely armád). Dovolené výrobní provedení střeliva je předmětem vyhlášky č. 370/2002 Sb. Zbraně a střelivo prodávané od 18 let musí splnit požadavek maximální energie na ústí.

4. Nejúspěšnější ráže pistolového střeliva

Měřítkem úspěšného střeliva je jeho všestrannost použití. Nepřeberné množství typů střel ho předurčuje k plnění rozmanitých úkolů. Splňuje požadavky široké skupiny uživatelů zejména sportovních střelců, je vhodné k sebeobraně a jeho využití ozbrojenými složkami jenom podtrhuje vynikající balistické vlastnosti střeliva.

4.1. Pistolové ráže

. **22 Long Rifle** vychází z náboje .22 Long se střelou o hmotnosti 1,9 g, který byl v roce 1887 modifikován střelou o hmotnosti 2,6g a navážkou černého prachu o hmotnosti 0,32g, tak vznikl nový náboj označen .22 LR.²⁵

V současné době patří mezi nejrozšířenější náboje v celosvětovém měřítku. Tímto nábojem jsou komorovány jak pistole a revolvery, tak i pušky. Využívá se hlavně ke sportovní a lovecké střelbě. Pro sportovní střelbu je velkou výhodou jeho cena, která se pohybuje v rozmezí od osmdesáti haléřů do deseti korun u nejkvalitnějších provedení. V lovecké praxi je využíván hlavně k lovu drobné zvěře pro lovecké účely, je vyráběn i s expanzivní střelou. Omezením je délka střelby pro sportovní použití.

Balistické charakteristiky²⁶:

- hmotnost střely se pohybuje v rozmezí 1,9 až 3,9g,
- počáteční rychlost všech variant včetně HV (high velocity) od 110 do 530m.s⁻¹,
- ráže střely 5,68mm,
- délka nábojnice 15mm.

6,35 mm Browning, (25 ACP) byl zaveden v roce 1906 pro kapesní pistoli model 1906 belgickou zbrojovkou Fabrique Nationale d' Armes de Guerre zkráceně (FN). Náboj našel celosvětové uplatnění. Využití našel pro tzv. „kapesní pistole“. Z dnešního hlediska je zastavující účinek nedostatečný, výkon je srovnatelný s ráží .22 LR. Přesto je stále oblíbený a je používán jako náboj záložní zbraně. Náboj je plněn bezdýmným prachem je možné využít zápalky typu Berdan i Boxer.²⁷

Balistické charakteristiky:

- pro hmotnost střely 3,3g
- je počáteční rychlost 230m.s⁻¹,
- ráže střely 6,38mm a
- délka nábojnice 15,55mm.

7,62×25 Tokarev vznikl v roce 1930 upravením náboje 7,63 Mauser pro pistoli zkonstruovanou Fjodorem Vasiljevičem Tokarevem. První použitou střelou byla celoplášťová střela s olověným jádrem. Od roku 1940 byl zaveden jako samopalový náboj, to znamenalo rozšíření sortimentu střel k plnění bojových úkolů. Po druhé světové válce byl zaveden jako služební náboj armád Varšavské smlouvy. Náboj byl normalizován C.I.P až v roce 1990.²⁸

Balistické charakteristiky civilního provedení:

- hmotnost střely 5,5g,
- počáteční rychlost 502m.s^{-1} ,
- ráže střely 7,9mm,
- délka nábojnice 25mm.

7,65 mm Browning, (32 ACP) zkonstruoval John M. Browning pro belgickou samonabíjecí pistoli model 1900. Náboj vyrábí řada zbrojovek po celém světě. Umožňuje konstrukci malé pistole, a proto je stále vyráběn. Z dnešních hledisek již není dostatečně výkonný, ale těší se stále oblibě.²⁹

Balistické charakteristiky:

- hmotnost střely 4,75g,
- počáteční rychlost 320m/s,
- ráže střely 7,85mm,
- délka nábojnice 17,20mm.

9 mm Browning, Court (380 ACP) zavedený v Evropě roku 1910 belgickou zbrojovkou FN působící v Herstalu pro samonabíjecí pistoli model 1910. Od svého zavedení byl používán jak ozbrojenými sbory, tak i armádami. V současnosti je vyráběn všemi významnými výrobci střeliva. Jeho výkon je považován za spodní mez účinného zastavovacího účinku.³⁰

Balistické charakteristiky:

- hmotnost střely 5,9-6,25g,
- počáteční rychlost kolem 290m.s^{-1} ,
- ráže střely 9,04mm,

- délka nábojnice 17,33mm.

9 mm Makarov vyvinutý po 2.sv. válce v Sovětském svazu pro samonabíjecí pistoli Makarov. Byl výhradně vyžíván jako služební náboj států Varšavské smlouvy. Po rozpadu Sovětského svazu se stal oblíbený v USA.³¹

Balistické charakteristiky:

- hmotnost střely 6,1g,
- počáteční rychlost $310\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- ráže střely 9,27mm,
- délka nábojnice 18,10mm.

9 mm Luger byl Vyvinut firmou DWM pro pistoli Georga Luger v roce 1902. Roku 1904 byl zaveden pro německé námořnictvo pod označením Parabellum, od roku 1908 v německé armádě.

Jedná se o nejrozšířenější náboj v celosvětovém měřítku. Zaveden jako služební náboj NATO pod označením 9mm NATO (Parabellum). Od roku 1985 je služebním nábojem v USA. Střela byla původně konstruována ve tvaru komolého kužele, od roku 1915 ji nahradila ogivální střela.³²

Balistické charakteristiky:

- hmotnost střely 3,5-9,4g,
- počáteční rychlost podle laborace $320\text{-}430\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- ráže střely 9,03mm,
- délka nábojnice 19,15mm.

45 Auto vznikl v roce 1905 pro New Colt Automatic Pistol, Model 1905. Původně měla střela hmotnost 12,08g. V roce 1911 byla přijata do výzbroje americké armády nová zbraň Colt Model 1911 Automatik na náboj 45 Auto se střelou o hmotnosti 14,90g. Náboj se osvědčil i jako sportovní a obranný³³.

Balistické charakteristiky celoplášťové střely s oblou špičkou:

- hmotnost střely 14,90g,
- počáteční rychlost $260\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- ráže střely 11,48mm,

- délka nábojnice 22,81mm.

4.2. Obecná kritéria pro stanovení optimální ráže

Kritéria pro stanovení optimální ráže souvisí s použitím dané ráže ke konkrétnímu účelu, který závisí na potřebách uživatele. Potřeby ozbrojených sborů budou zjevně odlišné od potřeb sportovních střelců. Sportovní střelci kladou důraz především na rozptyl střeliva, ozbrojené složky vyžadují střelivo k plnění rozmanitých úkolů.

Kritérium účinnosti střely v cíli

Vlastnosti ráží se posuzují z hlediska účinků střely v cíli. Účinky střely se posuzují na náhradních materiálech např. balistická želatina, mýdlový blok. Cílem je simulovat účinek na živý organismus. Hodnotící metody jsou založeny na porovnávání hybnosti a energie. Metody založené na hybnosti jsou již zastaralé, proto si ukážeme kritérium účinnosti na základě dopadové energie střely předané cíli. Střela pronikající náhradním materiálem ztrácí svojí rychlost, důvodem je absorbování kinetické energie střely simulačním materiálem, což se projeví primárním střelným kanálem vytvořeným za střelou. Podle K. Selliera :

$$W = \frac{E \cdot x_e}{C_p} \quad [4.1]$$

W = energie střely

E = dopadová energie v Joulech

C_p = průřezové zatížení

x_e = hloubka vniku do želatiny

Kritériem optimálního zastavujícího účinku může být objem trvalé dutiny, jehož hodnota 0,60 litru dělí střelivo na účinné a neúčinné podle francouzských specialistů Caranta a Legrain. Tato hodnota byla zjištěna pokusy s celoplašťovým střelivem ráže 9 mm Luger a .45 ACP. Náhradním materiálem byla vlhká hlína.³⁴

Kritérium rozptylu zásahů

Působením vnějších vlivů na střelu při jejím pohybu atmosférou dochází k odchylce středního bodu zásahu a záměrného bodu. Jedná se o jevy náhodné, které ovlivňuje např. rozdílná hmotnost střel a navážka prachu, dále zbraň, střelec. Jako kritérium v tomto případě slouží průměr kružnice opsané se 100% zásahu. V praxi to znamená, že při střelbě na mezinárodní pistolový terč 50/20 bude požadovaný rozptyl střeliva na 25m

10cm, protože bodové hodnocení devítky má poloměr 5cm. Desítka má průměr 5cm, lze očekávat rovnoměrné rozložení zásahů a tím i dobrý výsledek.

Průbojný účinek

Střely konstruované jako průbojné musí splňovat požadavky na ně kladené. Požadavkem je průlet střely definovanou překážkou a její schopnost vyřadit protivníka z boje. Kritérium je dáno přímo zákonem č. 119/2002 a jedná se o střely s jádrem o tvrdosti větší jak 250HB (zkouška tvrdosti pole Brinella). Ovšem to neznámá, že střely s měkkým jádrem nemají průbojný účinek. Pro dosažení průbojného účinku je vyžadováno velkého průřezové zatížení. Celoplášťové pistolové střely mají zpravidla tak malou rychlost, že při vniknutí do měkkého materiálu se nedeformují, což se projeví na velké hloubce vniknutí do materiálu.

Převýšení dráhy střely

Při střelbě na různě vzdálené cíle (bez možnosti rektifikace mířidel) se projeví zakřivení balistické křivky rozdílnou polohou zásahů. Pro malorážové lovecké střelivo můžeme stanovit kritérium: „ převýšení dráhy střely nepřekročí do nástřelné dálky (150m) 4cm“. Nástřelná dálka je vzdálenost, ve které záměrná protne po druhé dráhu střely. Převýšení je největší vzdálenost mezi záměrnou a balistickou křivkou. Význam převýšení je důležitý zejména v lovecké praxi.

5. Střelivo pro samopaly

Samopal je ruční palná zbraň, která umožňuje střelbu dávkou. K pohonu automatiky využívá sílu prachových plynů působících na dno nábojnice, charakteristickým znakem je použití pistolového střeliva. Samopal vznikl za účelem zvýšení palebné síly pěchoty. V současnosti jsou využívány zejména zásahovými skupinami policejních sborů. Masové nasazení proběhlo během 2. sv. války na obou stranách. Jejich nevýhodou bylo zejména použití na větší vzdálenost vzhledem k omezeným možnostem pistolového střeliva. Byly nahrazeny útočnými puškami, které využívají střelivo středního balistického výkonu.

Střelivo pro samopaly

7,62 mm Tokarev byl služební náboj Sovětského svazu. Během 2. světové války vyráběn v široké škále použitých střel. Byly ním komorovány samopaly (např. Špagin, Sudájev).

9 mm Parabellum byl v roce 1908 zaveden německou armádou pro služební pistoly P-08, během druhé světové války využíván v samopalech (např. MP-38, MP-40). Nejrozšířeněji samopalový náboj vůbec byl zaveden např. v Austrálii, Argentině, Velké Británii, Dánsku, Itálii, Lucembursku, Mexiku, Portugalsku, Finsku, Švýcarsku). V Československu ním byly komorovány samopaly vzor 23, 25 a ČZ 247.

.45 Auto byl služební náboj USA zaveden v roce 1911 pro Colt 1911. Byl komorován v samopalu Thompson 1921 a všech jeho modifikacích.³⁵

Druhy vojenských střel

Celoplášťová střela s olověným jádrem a ocelovým pláštěm plátovaným tombakem. Délka střely 1,5-2,5 ráže. Tato střela byla hojně využívána pro střelivo do pistolí armád varšavské smlouvy. Střela ráže 7,62mm TT vyráběna Povážskými strojírnami (dále PS) měla následující konstrukční parametry³⁶:

- mosazná nábojnice Ms-72,
- zápalka Berdan o průměru 4,5mm,
- navážka prachu 0,55g,
- hmotnost střely 5,5g a délka střely 14mm,
- celková délka náboje do 35mm a hmotnost 10,7g.

Střela s ocelovým jádrem byla zavedena během první světové války jako odezva na použitou obrněnou techniku. Obrněná technika si žádala zvýšení průbojného účinku, kterým standardní celoplášťová střela nedisponuje. Průbojná je střela s ocelovým jádrem, olověnou košílkou legovanou antimonem a ocelovým pláštěm niklovaným nebo plátovaným tombakem. Střela měla označení Pst. Technické parametry střeliva 7,62 TT nabízené (PS)³⁷:

- mosazná nábojnice Ms-72 nebo ocelová lakovaná, fosfátovaná,
- zápalka typu Berdan o průměru 4,5mm.
- délka střely 16,5mm a hmotnost 5,5g.
- ocelové jádro o průměru 6mm a zaobleným hrotem. Hmotnost jádra byla 2,7g a celková délka činila 13,6mm,
- Hmotnost prachové navážky 0,64g,
- celková hmotnost náboje 10,7g s mosaznou a 10,2g s ocelovou nábojnicí.

Obdobou průbojné střely byla **střela průbojně-zápalná**, která měla za účel probít pancíř a zapálit např. pohonné hmoty. Konstrukce je podobná se střelou průbojnou. Střela byla v zadní části opatřena kalíškem (ocelovým nebo mosazným) pro uložení zápalné látky. Střela ráže 7,62 TT nesla značení P-41³⁸.

Střela se stopovkou má v zadní části střely umístěnou pomalu hořící směs, která umožňuje sledovat dráhu střely v průběhu letu. Z hlediska vnější balistiky by střela měla mít stejnou hmotnost jako střela bez účinné náplně. Střely ráže 7,62 jsou značeny jako PT³⁹.

Střely určené pro výcvik

Jedná se o **střelivo školní**, které neobsahuje žádné výbušniny. Slouží k nácviku manipulace se zbraní, k tomuto střelivu se řadí i řezy střeliva. Skutečné chování zbraně je simulováno pomocí **střeliva cvičného**, přičemž se střelec učí zvládat zpětný ráz zbraně. **Střelivo redukované** (s redukovaným balistickým výkonem) slouží k nácviku přímé střelby, jeho variantou jsou redukované svítecí střely⁴⁰.

Cvičnou (značkovací) střelu tvoří plastový kontejner, v němž je umístěná značkovací látka. V sestavě náboje slouží k simulaci bojového nasazení. Střela se vystřeluje ze zbraní, které jsou zřetelně barevně značeny (červeně, modře).



Obrázek 11: Náboj 9 mm Luger se značkovací střelou

6. Experimentální stanovení balistických charakteristik

Cílem měření je porovnání rozptylu obrazců zásahu a rychlosti střel nábojů ráže 9mm Luger. Porovnávaly se tyto výrobci: Sellier&Bellot, Libra, Fiocchi, Magtech. Naměřené hodnoty budou srovnány s cenou střeliva.

K vyhodnocení výsledků jsou použity následující vztahy.

Pro určení střední hodnoty rozptylu je nutné znát **střední hodnotu** (průměr), která se spočítá:

$$x_{stř} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad [6.1], \text{ resp. } y_{stř} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad [6.2]$$

x_i = je jmenovitá hodnota dílčích měření,

N = počet naměřených hodnot.

Dále pak **rozpětí** hmotností:

$$R_x = x_{\max} - x_{\min} \quad [6.3], \text{ resp. } R_y = y_{\max} - y_{\min} \quad [6.4]$$

Rozptyl:

$$s_{x(y)} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x_{stř})^2}{N - 1} \quad [6.5]$$

Směrodatná odchylka:

$$s_{mx} = \sqrt{s_x^2} \quad [6.6], \text{ resp. } s_{my} = \sqrt{s_y^2} \quad [6.7]$$

Shrnutím rozptylových obrazců do jediného tak, aby se střední body zásahů překrývaly získáme složený rozptylový obrazec, ve kterém bude počet zásahů odpovídat součtu zásahů na jednotlivých terčích. Směrodatná odchylka složeného rozptylového obrazce pro x i y se vypočte:

$$s_{sx} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot s_{mx1}^2 + (n_2 - 1) \cdot s_{mx2}^2}{(n_1 + n_2) - k}} \quad [6.8]$$

n_i = rozsah souboru,

s_{mx1} a s_{mx2} = směrodatná odchylka i -tého obrazce zásahu,

k = počet rozptylových obrazců.

6.1. Porovnávání střelivo

- Magtech střela celoplášť o hmotnosti 8,03g.
 - Libra střela celoplášť o hmotnosti 7,5g.
 - Fiocchi střela poloplášť o hmotnosti 6,47g.
 - Sellier&Bellot střela celoplášť, resp. poloplášť o hmotnosti 7,5g, resp. 6,5g.
- Střelivo bylo týden před započítím střelby skladováno v prostorách střelnice.



Obrázek 12: Porovnávání střelivo ráže 9 mm Luger

6.2. Specifika střelby

Měření ovlivnilo zejména:

prostředí:

- teplota se v průběhu měření pohybovala v rozmezí 14,8-14,6°C
- měření započato 14:30, konec měření 18:00

zbraň:

- použita byla zbraň od firmy Grand power model K100, nastříleno odhadem 30000 výstřelů
- mezi sériemi zbraň vyčištěna

střelec:

- střelec zkušený, střelba prováděna v sedě s oporou

Střelba probíhala v Guncentru (krytá střelnice v Otrokovicích). Střílelo se na vzdálenost 25m s oporou. K vyloučení únavy střelce proběhly dvě série střelb po 50 výstřelech. Pořadí střeliva v sérii bylo náhodné.

6.3. Zpracování výsledků rozptylu obrazců

Naměřené hodnoty jsou tabelovány v příloze. Spolehlivé porovnání výsledků lze provést tímto způsobem:

1. Od každého druhu střeliva vystřeleno 20 ran po dvou rozptylových obrazcích o deseti zásazích.
2. Spočítal jsem směrodatnou odchylku jednotlivých obrazců jak výškových, tak stranových, dále výškové a stranové rozpětí.
3. Provedl jsem sjednocení obrazců zásahu každého druhu střeliva podle výše uvedeného vztahu.
4. Rozpětí obrazců a směrodatnou odchylku jsem nahradil bodovým hodnocením.

V níže uvedené tabulce porovnáváme směrodatné odchylky jednotlivých znaků výrobků.

V tabulce č. 3 jsou zpracovány vypočtené hodnoty, doplněné bodovým hodnocením.

Tabulka 3: Bodové hodnocení rozpětí a směrodatné odchylky

	rx	body	ry	body	ssx	body	ssy	body	S.bodů
fiocchi	101,5	5	121	4	30,48	5	35,74	4	18
libra	117	4	113	5	38,15	4	33,87	5	18
SaB FMJ	159,5	1	165	1	45,94	2	45,19	2	6
SaB SP	143	3	125	3	46,03	1	36,82	3	10
magtech	146	2	148	2	39,26	3	45,49	1	8

R_x = stranové rozpětí jako max. hodnota z obou obrazců v [mm]

R_y = výškové rozpětí jako max. hodnota z obou obrazců v [mm]

S_{sx} = stranová směrodatná odchylka složeného obrazce (zaokrouhlena na dvě desetinná místa)

S_{sy} = výšková směrodatná odchylka složeného obrazce (zaokrouhlena na dvě desetinná místa)

S.bodů = součet bodů

Menší bodová hodnota rovná se větší rozptyl zásahů a z toho plyne nižší kvalita střeliva.

6.4. Vyhodnocení rychlostí střel

Rychlost střel byla měřena pět metrů od ústí, označíme ji tedy v_5 . K měření byla použita elektronická hradla Chrony model F1 s délkou báze 35cm. Pro zpřesnění měření byly z každé série po deseti odebrány tři nejhorší naměřené hodnoty (tyto hodnoty vykazovaly značnou odchylku). To znamená, že z dvaceti naměřených hodnot se pro každý druh použilo 14 vzorků.

Ke zpracování výsledků jsou použity následující vztahy:

$$\text{Vztah pro střední hodnotu: } x_{stř} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad [6.9]$$

$$\text{pro rozpětí: } R = r_{\max} - r_{\min} \quad [6.10]$$

$$\text{a vztah pro směrodatnou odchylku: } s_m = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - x_{stř})^2} \quad [6.11]$$

Výsledek měření

Tabulka 4: Bodové hodnocení rychlostí střel

	S&B SP	S&B FMJ	Libra	Magtech	Fiocchi
x.stř	392,84	354,53	353,29	344,97	354,92
R	28,04	16,76	12,50	28,35	21,34
body	2	4	5	1	3
sm	7,37	4,69	4,05	9,31	6,29
body	2	4	5	1	3
S.bodů	4	8	10	2	6

Hodnoty jsou zaokrouhleny na dvě desetinná místa.

x.stř. = střední hodnota rychlosti v $[m.s^{-1}]$

R = rozpětí rychlostí v $[m.s^{-1}]$

Sm = směrodatná odchylka v $[m.s^{-1}]$

S.bodů = součet bodů

Menší bodová hodnota rovná se větší rozptyl rychlostí a z toho plyne nižší kvalita střeliva.

6.5. Srovnání jakosti nábojů a jejich ceny

Pro srovnání jakosti nábojů jsem použil bodové hodnocení. Bodové hodnocení objektivně hodnotí jak rozptyl střeliva, tak rychlost střel. V tabulce č. 4 je součet bodů pořadí měřených veličin. Nyní porovnám výsledek měření s cenou nábojů za kus.

Tabulka 5: Celkový součet bodů

	Součet bodů za rozptyl obrazců	Součet bodů za rychlost	Celkový součet
Libra	18	10	28
Fiocchi	18	6	24
Magtech	8	2	10
S&B FMJ	6	8	14
S&B SP	10	4	14

Větší hodnota bodů znamená lepší kvalitu

Ceny nábojů za jeden kus

Pro vyjádření ceny v tabulce 6 jsem budoval cenu za jeden náboj od 1 do 5. Pět pro nejlevnější, jedna pro nejdražšího.

Libra 4,4 Kč, Magtech 4,6 Kč, S&B FMJ 4,8 Kč, S&B SP 6 Kč , Fiocchi 8,3 Kč

Z tabulky 5 ohodnotím pořadí získaných bodů takto:

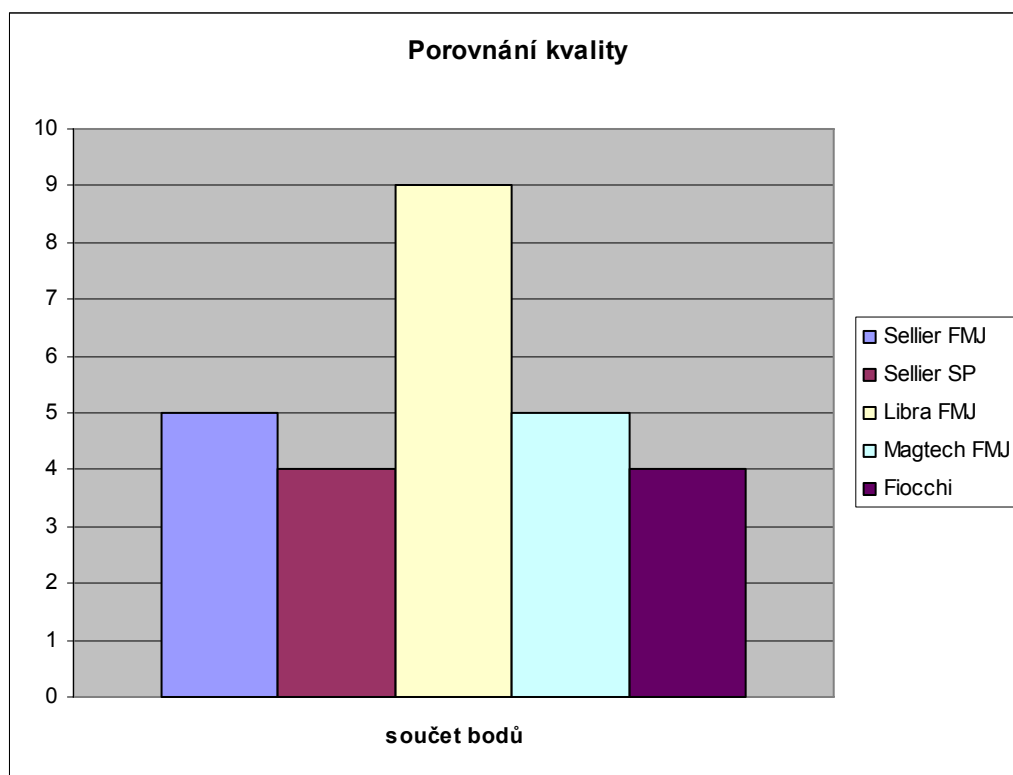
Pro parametr kvality nábojů použiji bodové hodnocení podle umístění v tabulce (nejlepší hodnocení nejvíce bodů). Použil jsem stupnici od 1 do 4, protože S&B FMJ a SP mají shodně bodů. Parametr kvality jsem určil, jako součet bodů z měření a ceny.

Tabulka 6: Zobrazení kvality součtem bodů

	Bodové zobrazení ceny	Pořadí výrobců podle kvality	Kvalita/cena
Libra	5	4	9
Magtech	4	1	5
S&B FMJ	3	2	5
S&B Sp	2	2	4
Fiocchi	1	3	4

Graf 1 vyjadřuje pořadí výrobců v závislosti na získaných bodech.

Graf 1: Vyjádření kvality a ceny za jeden náboj



Graf 1 nám určil pořadí výrobců (čím vyšší sloupec, tím je kvalita nábojů lepší v závislosti na ceně). Jednoznačným vítězem je střelivo Libra, které je nejlevnější a zároveň vykazuje nejmenší rozptyl naměřených hodnot. Střelivo výrobce Focchi propadlo svoji vysokou cenou a o třetí místo se dělí s výrobcem Sellier&Bellot SP. Celoplášťové střelivo S&B a Magtech skončilo na druhém místě díky ceně.

7. Závěr

Variabilita střel použitých v sestavě náboje činí střelivo univerzálním, přesto vývoj střeliva dále pokračuje. Požadavky na střelivo klade zejména armáda a v civilním sektoru sportovní střelci. Armáda hledá univerzální ráži pro koncepci PDW (osobní obranná zbraň). Sportovní střelci kladou nároky zejména na kvalitu střeliva. Pro dosažení menšího rozptylu obrazce zásahů hledají optimální tvar střely a navážku prachové náplně. Střelivo vhodné pro sportovní střelbu je střelivo Libra, které svým rozptylem naměřených hodnot předčí výrobce Sellier&Bellot, Magtech a Fiocchi. K tomuto závěru jsem dospěl porovnáním rozptylu obrazců zásahu a rozptylu rychlostí střel. Druhého nejlepšího výsledku dosáhl výrobce Fiocchi. Od firmy Sellier&Bellot jsem porovnával střelivo se střelou celoplášťovou a poloplášťovou, oba druhy střel získaly stejně bodů. Nejhůře v testu dopadlo střelivo Magtech.

Po srovnání kvality a ceny jsem zjistil, že střelivo Fiocchi je sice druhé ve kvalitě, ale vysoká cena za jeden náboj ho zařadila na stejnou úroveň, jako Sellier&Bellot SP. Optimální volbou je Libra, protože nejmenší cena a zároveň nejvyšší kvalita z něj činí optimální sportovní střelivo. Kvalita střeliva Magtech a Sellier&Bellot FMJ je srovnatelné. Z mého měření je zřejmé, že rostoucí kvalita nemusí znamenat nárůst ceny.

8. Použitá literatura

- ¹ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 8. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ² KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 25-35. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ³ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 40-48. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ⁴ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 49-54. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ⁵ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 58-59. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ⁶ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 8-12. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ⁷ HANÁK, Jiří. - www.omstu.cz/data/d_Mysl_strel/kulove%20naboje.doc
- ⁸ BEER, S.- aj. *Vnitřní balistika LSOZ*. VŠB – TU Ostrava 2007, s. 35. ISBN 978- 80-248-1022-5.
- ⁹ ČSN 395020 – *Náboje a vývrty hlavní*. Rozměry tlaky a energie. ČNI, Praha 2008.
- ¹⁰ BEER, S.- aj. *Vnitřní balistika LSOZ*. VŠB – TU Ostrava 2007, s. 93-95. ISBN 978- 80-248-1022-5.
- ¹¹ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 45. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ¹² KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 47. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ¹³ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 56-57. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ¹⁴ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 54. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ¹⁵ KOMENDA, J. – aj. *Vnější balistika LSOZ*. VŠB – TU Ostrava 2007, s. 15-16. ISBN 978-80-248-1027-0
- ¹⁶ KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 39. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ¹⁷ KNEUBUEHL, P. Beat. *BALISTIKA-Střely, přesnost střelby, účinek*. Naše vojsko 2004. s.16 ISBN 80-206-0749-8.

- ¹⁸KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 38. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ¹⁹KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 39. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ²⁰KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 39. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ²¹KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 40. ISBN 978-80-248-1254-0.
- ²²HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, s. 37-38. ISBN 80-206-0641-6.
- ²³ČSN 395020 – *Náboje a vývrty hlavní*. Rozměry tlaky a energie. ČNI, Praha 2008.
- ²⁴Zákon č.119/2002 Sb.z webových stránek <http://zbrankvalitne.cz/legislativa/119-2002#p4>
- ²⁵Webové stránky http://cs.wikipedia.org/wiki/.22_Long_Rifle
- ²⁶Webové stránky http://cs.wikipedia.org/wiki/.22_Long_Rifle
- ²⁷HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, s. 60 a 116. ISBN 80-206-0641-6.
- ²⁸HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, s. 72 a 116. ISBN 80-206-0641-6.
- ²⁹HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, s. 76 a 116. ISBN 80-206-0641-6.
- ³⁰HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, s. 89 a 117. ISBN 80-206-0641-6.
- ³¹HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, s. 91 a 117. ISBN 80-206-0641-6.
- ³²HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, s. 92 a 117. ISBN 80-206-0641-6.
- ³³HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní*. Naše vojsko, Praha 2002, s. 173 a 198. ISBN 80-206-0641-6.
- ³⁴KNEUBUEHL, P.Beate. *BALISTIKA-Střely, přesnost střelby, účinek*. Naše vojsko 2004. s.187. ISBN 80-206-0749-8.
- ³⁵ŽUK, A.B. *Pušky a samopaly*. Naše vojsko, Praha 1993, s. 162-166. ISBN 80-206-0150-3.
- ³⁶SMATANA, K., *Zabudnutá munička na Pováží*. TypoPres, Košice-Myslivna 2005, s.124. ISBN 80-89089-21-6.
- ³⁷SMATANA, K., *Zabudnutá munička na Pováží*. TypoPres, Košice-Myslivna 2005, s.126. ISBN 80-89089-21-6.

³⁸SMATANA, K., *Zabudnutá munička na Pováží*. TypoPres, Košice-Myslivna 2005, s.124. ISBN 80-89089-21-6.

³⁹SMATANA, K., *Zabudnutá munička na Pováží*. TypoPres, Košice-Myslivna 2005, s.124. ISBN 80-89089-21-6.

⁴⁰SMATANA, K., *Zabudnutá munička na Pováží*. TypoPres, Košice-Myslivna 2005, s.126-127. ISBN 80-89089-21-6.

Použité obrázky

Obrázek 1, 8, 9 - KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 7, 56, 57. ISBN 978-80-248-1254-0.

Obrázek 6 - BEER, S.- aj. *Vnitřní balistika LSOZ*. VŠB – TU Ostrava 2007, s. 35. ISBN 978-80-248-1022-5.

Obrázek 10 - KOMENDA, J. – aj. *Vnější balistika LSOZ*. VŠB – TU Ostrava 2007, s. 16. ISBN 978-80-248-1027-0

Použité vztahy

[2.1] - BEER, S.- aj. *Vnitřní balistika LSOZ*. VŠB – TU Ostrava 2007, s. 35. ISBN 978- 80-248-1022-5.

[2.2], [2.3], [2.4], [2.6], [2.7], [2.8], [2.9] - KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB – TU Ostrava 2007. s. 45, 56, 38, 39, 40. ISBN 978-80-248-1254-0.

[2.5], [4.1], [6.8], - KNEUBUEHL, P.Beate. *BALISTIKA-Střely, přesnost střelby, účinek*. Naše vojsko 2004. s.16, 187, 113. ISBN 80-206-0749-8.

[6.1], [6.2], [6.3], [6.4], [6.5], [6.6], [6.7], [6.9], [6.10], [6.11], - JANKOVÝCH, R., MAJTANÍK, J. *Jakost zbraní a střeliva*. VŠB – TU Ostrava 2009, s. 54, 55. ISBN 978-80-248-1208-3.

9. Přílohy

Příloha 1 – Normalizované rozměry ráže 9 mm Luger

Příloha 2 – Tabulky naměřených hodnot zásahů

Příloha 3 – Tabulka naměřených hodnot rychlostí

Příloha – 1

ČSN 39 5020

9 mm Luger		TAB.	IV
Země původu: DE		DATUM	84-06-14
		REVIZE	90-08-22

MAXIMÁLNÍ ROZMĚRY NÁBOJE			
Délky náboje		Prostor pro výmetnou náplň	
L1	= -	P1	= 9.93
L2	= -	P2	= -
L3	= 19.15 (1)	Dosedací kužel	
L4	= -	alfa	= -
L5	= -	S	= -
L6	= 29.69	r1min	= -
		r2	= -
Ono nábojnice		Krček	
R	= 1.27	H1	= -
R1	= 9.96	H2	= 9.65 (1)
R3	= -	Střela	
E	= 2.98	G1	= 9.03 (1)
E1	= 8.79	G2	= -
emin	= 0.90	L3+G	= 22.50 (1)
delta	= 35°		
f	= 0.30		
beta	= 45°		
Tlaky (energie):		Metoda piezo	
Metoda crusher		Pmax	= 2700 bar
Pmax	= 2600 bar	Pk	= 3105 bar
Pk	= 2990 bar	PE	= 3510 bar
PE	= 3380 bar	M	= 16.50
M	= -		

MINIMÁLNÍ ROZMĚRY VÝVRTU			
Délky nábojové komory		Krček	
L1	= -	H1	= -
L2	= -	H2	= 9.68 (1) (2)
L3	= 19.15 (1) (2)	Přechodový kužel	
Sedlo nábojové komory		G1*	= 9.05 (1) (2)
R	= - (1)	G*	= 3.35 (1)
R1	= 10.00	alfa1	= 180°
R2	= -	h	= -
R3	= -	s	= -
r	= -	i	= 1°57'58" (1)
		w	= -
Prachový prostor		Průměry vodicí části	
E	= 2.98	F*	= 8.82 (1) (2)
P1	= 9.96 (1) (2)	Z	= 9.02 (1) (2)
P2	= - (2)		
Dosedací kužel		Drážkování vodicí části	
alfa	= - (1)	b	= 2.49
S	= -	N	= 5
r1max	= -	u	= 250.00
r2	= -	Q	= 62.61 (3)

Použitá označení - maximální náboj

(Délkové rozměry jsou uvedeny v mm, úhlové ve stupních, minutách a vteřinách.)

Délky náboje

- L1 - délka části nábojnice od jejího dna po průměr P2
- L2 - délka části nábojnice od jejího dna po průměr H1
- L3 - celková délka nábojnice
- L4 - délka části náboje ode dna nábojnice po průměr střely G2
- L5 - délka části náboje ode dna nábojnice po průměr střely F
- L6 - celková délka náboje

Dno nábojnice

- R - výška okraje nábojnice, popř. vzdálenost mezi dnem a drážkou nábojnice
- R1 - průměr dna nábojnice
- R3 - průměr dosedacího nákrčku u ráží Magnum
- E - vzdálenost mezi dnem a zkoseným výběhem drážky nábojnice, popř. uzamykací délka u ráží s nákrčkem
- E1 - průměr válcové části drážky nábojnice
- e_{\min} - šířka válcové části drážky nábojnice
- δ - úhel zkosení výběhu drážky nábojnice
- f - výška zkosení dna nábojnice
- β - úhel zkosení dna nábojnice

Prostor pro výmetnou náplň

- P1 - průměr těla nábojnice nad okrajem, popř. nad výběhem drážky nábojnice
- P2 - průměr těla nábojnice ve vzdálenosti L1 ode dna nábojnice

Dosedací kužel

- α - úhel dosedacího kužele
- S - vzdálenost vrcholu úhlu dosedacího kužele ode dna nábojnice
- $r_{l_{\min}}$ - poloměr přechodu dosedacího kužele na průměr P2
- r2 - poloměr přechodu dosedacího kužele na průměr H1

Krček

- H1 - průměr krčku nábojnice ve vzdálenosti L2
- H2 - průměr ústí nábojnice

Střela

- G1 - průměr střely u ústí nábojnice
- G2 - průměr střely ve vzdálenosti L4 ode dna nábojnice
- F - průměr střely ve vzdálenosti L5 ode dna nábojnice

Objemy

- Vc - objem prachového prostoru [cm³]

Tlaky

- Pmax - jmenovitá hodnota maximálního tlaku prachových plynů spotřebních nábojů [bar]
- $P_k = 1,15 P_{\max}$ - nejvyšší povolený tlak jednotlivého spotřebního náboje (hodnoceno statisticky) [bar]
- $P_E = 1,30 P_{\max}$ - jmenovitá hodnota maximálního tlaku zkušebních nábojů [bar]
- M - vzdálenost snímače tlaku od čela závěru [mm]

Energie

- E_{max} - jmenovitá hodnota úst'ové energie střely [J]
- $E_k = 1,07 E_{\max}$ - nejvyšší povolená energie střely jednotlivého spotřebního náboje (hodnoceno statisticky) [J]
- $E_E = 1,1 E_{\max}$ - jmenovitá hodnota úst'ové energie střel zkušebních nábojů [J]

Použitá označení - minimální vývrt hlavně

(Délkové rozměry jsou uvedeny v mm, úhlové ve stupních, minutách a vteřinách.)

Průměry vodící části

- F - průměr vodící části vývrtu v polích
- Z - průměr vodící části vývrtu v drážkách

Délky nábojové komory

- L1 - délka od čela závěru po začátek dosedacího kužele
- L2 - délka od čela závěru po konec dosedacího kužele
- L3 - délka od čela závěru po průměr H2

Sedlo nábojové komory

- R - vzdálenost od čela závěru po čelo hlavně, popř. po dno sedla pro okraj nábojnice v hlavní
- R1 - průměr lůžka pro dno nábojnice v závěru
- R2 - hloubka lůžka pro dno nábojnice v závěru nebo hloubka sedla pro okraj nábojnice v hlavní
- r - zaoblení vstupu do nábojové komory

Prachový prostor

- E - vzdálenost od čela závěru po průměr P1, popř. uzamykací délka u ráží s nákrůžkem
- P1 - průměr komory ve vzdálenosti E, popř. R
- P2 - průměr komory ve vzdálenosti L1

Dosedací kužel

- α - vrcholový úhel dosedacího kužele
- S - vzdálenost vrcholu dosedacího kužele od čela závěru, popř. ode dna lůžka pro dno nábojnice v závěru
- $r_{1\max}$ - poloměr přechodu mezi prostorem pro výmetnou náplň a dosedacím kuželem
- r2 - poloměr přechodu mezi dosedacím kuželem a krčkem

Krček

- H1 - průměr krčku ve vzdálenosti L2
- H2 - průměr krčku ve vzdálenosti L3

Přechodový kužel

- G1 - průměr válcové části přechodového kužele
- G - vzdálenost mezi průměry H2 a F
- α_1 - vrcholový úhel přechodu mezi H2 a G1
- h - vzdálenost mezi H2 a G1
- s - vzdálenost mezi průměrem H2 a počátkem přechodového kužele
- i - polovina vrcholového úhlu přechodového kužele
- w - šířka spáry mezi válcem a hlavní u revolverů

Drážkování vodící části

- b - šířka drážek
- N - počet drážek
- u - stoupání drážek
- Q - minimální průřez vývrtu [mm²]

Objemy (nábojky)

- VET - objem zkušební komory [cm³]
- VT - objem spalovacího prostoru [cm³]
- Va - dodatkový objem [cm³]

Příloha – 2

Hodnoty x_i , resp. y_i označují stranovou, resp. výškovou polohu zásahu.

S označuje složený obrazec zásahů, hodnoty jsou uváděny v *mm*.

Fiocchi

											$x_{stř.}$	sm	S
X_1	159,5	151	144	123	105	91	87	66	58	58	104,25	38,56398	30,47861
Y_1	54	104	106	111,5	117	129	147,5	160	166,5	175	127,05	36,540275	35,7417
X_2	142,5	141	125	119	114	112	112	101,5	101,5	77,5	114,6	19,25386	
Y_2	94	107	129,5	143,5	155	170	175	180	192	194,5	154,05	34,92488	

Libra

											$x_{stř.}$	sm	S
X_1	178	154	153	152	133	121	84	81,5	66	61	118,35	42,099122	38,15265
Y_1	10	15	21	33,5	53,5	58,5	62	72,5	74	123	52,3	34,197303	33,86716
X_2	160	158	142	130,5	127	121	107	89	70	65	116,95	33,747798	
Y_2	6	44	62	69	74	82,5	91	96	116	117	75,75	33,533772	

Selier&Bellot FMJ

											$x_{stř.}$	sm	S
X_1	8	29	54	67	70	74,5	99	105	107	167,5	78,1	44,839715	45,94104
Y_1	161	155	119	116,5	115	104	102	69	60,5	44	104,6	38,107888	45,19435
X_2	193	133	104	96	78,5	67	63	56	45	38	87,35	47,016575	
Y_2	36	102	118	122	150,5	154	174	185	200	201	144,25	51,311278	

Selier&Bellot SP

											$x_{stř.}$	sm	S
X_1	167	158,5	158	155	131,5	119	84,5	61	59	35	112,85	49,068574	46,02833
Y_1	66	105	112	124	128	131,5	137,5	170	173	178,5	132,55	34,76864	36,82266
X_2	194	163	156	151	148	134	113,5	90	88,5	51	128,9	42,772525	
Y_2	207	186	164	160,5	153	148	120	115	102	82	143,75	38,768007	

Magtech

											$x_{stř.}$	sm	S
X_1	146	137	118	106	103,5	103,5	92	63,5	29	0	89,85	46,279975	39,25637
Y_1	31	32	41	49	61	69,5	79,5	85	105	162,5	71,55	40,001007	45,49061
X_2	150	142	135,5	125	115	99	78	78	76	68,5	106,7	30,66413	
Y_2	34	58,5	67	74	82,5	91	97	137,5	180,5	182	100,4	50,385624	

Příloha – 3

Tabulka naměřených rychlostí

	S&B SP	S&B FMJ	Libra	Magtech	Fiocchi
	372,47	344,12	346,86	331,01	341,68
	388,01	348,08	348,39	332,23	343,81
	389,53	350,22	349,00	333,15	350,82
	389,84	350,22	349,00	338,94	351,43
	390,14	354,48	349,91	339,24	354,48
	390,75	354,79	353,26	344,12	354,79
	391,97	355,70	353,57	344,12	356,01
	394,11	355,70	353,57	345,34	356,01
	395,02	356,92	355,09	347,47	356,62
	398,68	357,84	356,01	350,52	357,53
	399,29	357,84	356,62	352,35	359,97
	399,59	358,14	356,62	352,35	360,58
	399,90	358,44	358,75	359,36	362,10
	400,51	360,88	359,36	359,36	363,02
x.stř	392,84	354,53	353,28	344,97	354,92
R	28,04	16,76	12,50	28,35	21,34
sm	7,37	4,69	4,05	9,31	6,29

Rychlost je zaokrouhlena na dvě desetinná místa a uvedena v $m.s^{-1}$.